



**PENGARUH PENGELASAN *BYPASS TIG – MIG*
TERHADAP STRUKTUR MIKRO
DAN KEKUATAN TARIK AI 6061**

SKRIPSI

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

UNNES
oleh
Ardani Ahsanul Fakhri
UNIVERSITAS 5201412051 SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2017**

PENGESAHAN

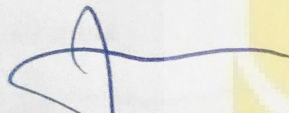
Skripsi dengan judul Pengaruh pengelasan *bypass TIG-MIG* terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Al 6061 telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 5 Januari 2017

Oleh

Nama : Ardani Ahsanul F
NIM : 5201412051
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1

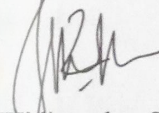
Panitia

Ketua Panitia



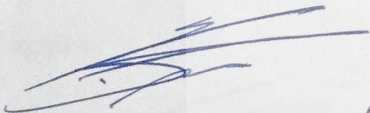
Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



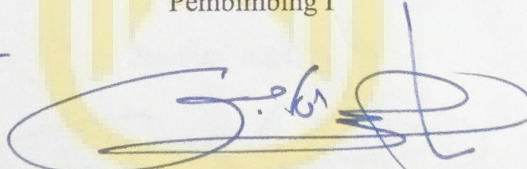
Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT
NIP. 196901061994031003

Penguji I



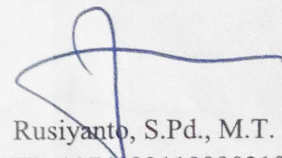
Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T.
NIP. 197509272006041002

Pembimbing I



Dr. Ir. Basyirun, S.Pd., M.T., IPP
NIP. 196809241994031002

Pembimbing II



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Ardani Ahsanul Fakhri

NIM : 5201412051

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1

Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

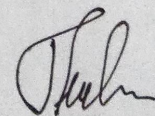
Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**Pengaruh Pengelasan bypass TIG MIG terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Al 6061**" ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang, Januari 2017

Yang membuat pernyataan



Ardani Ahsanul Fakhri
NIM. 5201412051

ABSTRAK

Fakhri, Ardani Ahsanul . 2016. Pengaruh Pengelasan *bypass TIG MIG* terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Al 6061. Dr.Ir. Basyirun, S.Pd., M.T., IPP, Rusiyanto, S.Pd., M.T, Pendidikan Teknik Mesin

Proses pengelasan merupakan proses penyambungan pelat dengan menggunakan *input* panas, hal ini menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro yang berpengaruh terhadap sifat mekanis dari *raw material*. Adanya perubahan sifat tersebut maka akan terjadi perubahan kekuatan hasil las yang menyebabkan terjadinya keretakan dan patah pada sambungan. Penetrasi sambungan las juga berpengaruh terhadap kekuatan hasil pengelasan karena semakin baik penetrasi hasil sambungan yang dihasilkan semakin baik pula. Metode pengelasan banyak digunakan untuk mendapatkan hasil yang semakin baik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi arus pada Pengelasan *byoass TIG MIG* terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik Al 6061.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen untuk mengetahui sebab akibat berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti yaitu berupa perlakuan panas akibat pengelasan dengan variasi besaran arus. Pengelasan dilakukan dengan metode *bypass TIG-MIG* pada Aluminium 6061 dengan bahan pengisi (*filler*) *ER4043* dengan kampuh V 70°. Variasi arus yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100A, 115A, dan 130A , kemudian di uji dengan menggunakan foto mikro dan *tensile test*. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif, dimana data yang diperoleh di rata-rata dan disajikan dalam bentuk grafik kemudian dideskripsikan dan disimpulkan.

Hasil penelitian struktur mikro pada pengelasan *bypass TIG-MIG* Perubahan struktur mikro sangat terlihat pada daerah *HAZ* dan logam lasan, semakin besar input panas yang terjadi semakin membuat butir dari Mg_2Si menjadi semakin menyebar, penyebaran dengan struktur yang baik hanya terjadi pada variasi arus 130A, hal ini berbeda dengan logam induk yang sama sekali tidak terjadi perubahan struktur bahkan terlihat sama dengan *raw material*. Berdasarkan uji tarik diperoleh nilai tegangan tarik sebesar 80,9 MPa pada arus 100 A, 84,9 MPa pada variasi arus 115A dan kekuatan tarik tertinggi 86,7 MPa pada arus 130A. Jadi dapat disimpulkan semakin tinggi arus yang digunakan maka semakin baik struktur mikro dan kekuatan tarik yang dihasilkan.

Kata kunci: *bypass TIG-MIG*, struktur mikro, tegangan tarik, *ER4043*, kampuh V.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Sabar dan Ikhlas adalah kunci kesuksesan.
2. Sesuatu yang terlihat didepan mata kita belum tentu itu yang sebenarnya terjadi.
3. Waktu yang kita jalani sekarang adalah waktu yang kita pinjam dari masa depan.

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk:

1. Ibu Karni Astuti dan Bapak Maryadi, orang tua yang selalu memotivasi dan mendoakan tanpa mengenal lelah.
2. Kakak dan saudara yang telah memberikan dukungan dan bimbingan.
3. Sahabat dan teman-teman di Universitas Negeri Semarang yang membantu dan mendukung.

PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “Pengaruh Pengelasan *Bypass TIG MIG* terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Al 6061”. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan studi Strata 1 sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bimbingan, motivasi dan bantuan semua pihak. Pada kesempatan ini dengan segala hormat penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Ir. Basyirun, S.Pd., M.T., IPP selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
3. Rusiyanto, S.Pd., M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
4. Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis.
5. Kedua orang tua yang selalu **mendoakan** serta memberikan motivasi.
6. Teman-teman yang telah banyak membantu dan memberikan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi.

Penulis dalam hal ini telah berusaha yang terbaik untuk menyusun skripsi ini, namun seperti halnya pepatah bahwa tak ada gading yang tak retak, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya, khususnya Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Januari 2017

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR SIMBOL	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Pembatasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori	8
1. Pengelasan (<i>Welding</i>)	8
2. <i>GMAW (Gas Metal Arc Welding)</i>	9
3. <i>GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)</i>	11
a. Jenis dan Karakteristik Elektroda Tungsten	13
b. Gas Pelindung	16
c. Logam Pengisi	18
4. Alumunium	20
a. Jenis Alumunium Teknik (Seri 1000)	20
b. Jenis paduan Al-Cu (Seri 2000)	20
c. Jenis Paduan Al-Mn (Seri 3000)	21
d. Jenis Paduan Al-Si (Seri 4000)	21
e. Jenis Paduan Al-Mg (Seri 5000)	21
f. Jenis Paduan Al-Mg-Si (Seri 6000)	21
g. Jenis Paduan Al-Zn (Seri 7000)	22
5. Alumunium 6061	23
6. Pengerjaan Pengelasan	24
7. Struktur Mikro	26
8. Kekuatan Tarik	27

B.	Kajian Penelitian yang Relevan	31
C.	Kerangka Pikir Penelitian.....	33

BAB III. METODE PENELITIAN

A.	Desain Eksperimen.....	34
B.	Bahan dan Alat Penelitian	34
	1. Bahan Penelitian	34
	2. Alat Penelitian	35
C.	Tempat dan Waktu Penelitian	36
D.	Variabel Penelitian	37
E.	Prosedur Penelitian.....	37
	1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	37
	2. Proses Pengelasan.....	39
F.	Data Penelitian	43
G.	Analisis Data	44

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A.	Hasil Penelitian.....	45
B.	Pembahasan	55

BAB V. PENUTUP

A.	Simpulan.....	60
B.	Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA	62
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN-LAMPIRAN
--------------------------------	--------------



DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
α	Alfa
δ	Delta
γ	Gamma
$^{\circ}$	Derajat
$^{\circ}\text{C}$	Derajat Celcius
%	Persen
Σ	Tegangan Tarik
ε	Regangan Tarik
μm	Mikro meter
Al	Aluminium
A_0	Luasan Awal
Ar	Argon
Cu	Tembaga
CO	Karbon Dioksida
ER	Elektroda Rods
F	Gaya
Fe	<i>Ferrous</i>
h	Tebal
He	Helium
Kg	Kilogram
mm	Millimeter
Mg	Magnesium
Mn	Mangan
N	Newton
Nm	Nanometer
Ni	Nikel
O ₂	Oksigen

P	Beban
Si	Silikon
Zn	Zing

Singkatan

Arti

AC	<i>Alternating Curent</i>
AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i>
ASTM	<i>American Standart Testing Machine</i>
AWS	<i>American Welding Society</i>
DC	<i>Direct Curent</i>
GMAW	<i>Gas Metal Arc Welding</i>
GTAW	<i>Gas Tungsten Arc Welding</i>
HAZ	<i>Heat Affected Zone</i>
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
SMAW	<i>Shielding Metal Arc Welding</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
TEM	<i>Transmission Electron Microscope</i>
UHP	<i>Ultra High Purity</i>



DAFTAR TABEL

Tabel

2.1	Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan	11
2.2	Kode dan Komposisi kimia elektroda tungsten	15
2.3	Tipe logam dan gas pelindung yang digunakan.....	17
2.4	Komposisi Alumunium 6061	24
3.1	Jumlah Spesimen pengujian.....	42
3.2	Data Instrumen Penelitian Kekuatan Tarik <i>raw material</i>	44
3.3	Data Instrumen Penelitian Kekuatan Tarik hasil lasan	44
4.1	Hasil uji komposisi Al 6061	45
4.2	Hasil Uji Tarik Raw Material Al 6061	52
4.3	Hasil perhitungan tegangan dan regangan pengelasan	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar

2.1	Mesin Las <i>MIG</i>	9
2.2	Pemindahan Sembur pada alas <i>MIG</i>	10
2.3	Konstruksi perangkat las <i>GTAW</i>	13
2.4	Jenis Sambungan Las	25
2.5	Jenis Butir	26
2.6	Hubungan ukuran butir dan <i>Mechanical Properties</i>	27
2.7	Pengujian Tarik	28
2.8	Profil Data Pengujian Tarik.....	29
2.9	Kerangka Berfikir	33
3.1	Spesimen Penelitian.....	34
3.2	Mesin Las <i>GMAW</i>	35
3.3	Mesin Las <i>GTAW</i>	35
3.4	Alat Uji Foto Struktur Mikro.....	36
3.5	Alat Uji Tarik	36
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	38
3.7	Sudut Kampuh V	41
3.8	Metode Pengelasan <i>Bypass Tig-mig</i>	42
3.9	Spesimen uji Tarik ASTM E8m	43
4.1	Struktur plat Al 6061	46
4.2	Struktur jaringan interdendritik aluminium silicon eutektik	46
4.3	Porositas pada daerah las Al 6061	46
4.4	Struktur Mikro Raw Material	47
4.5	Struktur Mikro <i>Base Metal</i> dan <i>HAZ</i> pengelasan 100A	47
4.6	Struktur Mikro daerah lasan pengelasan arus 100A	48
4.7	Struktur Mikro dari <i>base metal</i> , <i>HAZ</i> dan daerah lasan arus 115A.....	49
4.8	Struktur Mikro dari <i>base metal</i> , <i>HAZ</i> dan daerah lasan arus 130A.....	50
4.9	Variasi kuat arus terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan	53
4.10	Variasi kuat arus terhadap regangan hasil pengelasan	53
4.11	Variasi kuat arus terhadap tegangan luluh hasil pengelasan	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Tegangan , Regangan dan Tegangan Luluh.....	65
Lampiran 2. Grafik Karten Uji Tarik.....	77
Lampiran 3. Dokumentasi Proses Penelitian	80
Lampiran 4. Hasil Uji Komposisi Al 6061	93
Lampiran 5. Surat Bukti Penelitian	94
Lampiran 6. Hasil Uji Laborat Komposisi Al 6061	95
Lampiran 7. Grafik Hasil Uji Tarik	96
Lampiran 8. Sertifikat <i>Welder</i>	100



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pengelasan *Bypass TIG-MIG* merupakan salah satu metode pengelasan yang digunakan dalam penyambungan logam. Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan sumber listrik di ubah menjadi energi panas melalui mesin las yang digunakan sebagai media pencairan dari filler atau elektroda. Hasil panas dari proses pengelasan tidak hanya digunakan sebagai media pencair dari filler atau elektroda namun panas dari proses pengelasan juga mempengaruhi struktur mikro dari logam tersebut. Perubahan struktur mikro terjadi disebabkan siklus termal di setiap titik dari daerah lasan mengalami tingkat pemanasan berbeda. Akibatnya selama proses pendinginan laju pendinginan masing-masing titik juga berbeda. Struktur mikro dari masing-masing daerah memiliki karakteristik berbeda tergantung pada laju pendinginan yang di alaminya (Sonawan dan Suratman, 2004: 48).

Selama pengelasan berlangsung, logam las dan daerah pengaruh panas atau *heat affected zone (HAZ)* akan mengalami serangkaian siklus thermal, yaitu pemanasan sampai mencapai suhu maksimum kemudian diikuti dengan pendinginan. Siklus thermal tersebut mempengaruhi struktur mikro logam las dan *HAZ*, di mana logam las akan mengalami serangkaian transformasi fasa selama proses pendinginan, yaitu dari logam las cair berubah menjadi *Ferit- δ* kemudian γ (*Austenit*) dan akhirnya menjadi α (*Ferrit*). Pada umumnya waktu (*cooling time*) antara temperatur 800 °C-500 °C dipakai sebagai acuan pada pengelasan baja karbon, karena pada interval suhu tersebut terjadi

transformasi fasa dari *Austenit* (γ) menjadi *Ferrite* atau *Bainite* yang tergantung pada kecepatan pendinginannya (Setiawan dan Wardana, 2006).

Perubahan dari struktur mikro oleh pemanasan tersebut berakibat terjadinya perubahan pada sifat mekanis dari logam las. Deformasi struktur kristal bahan dapat menaikkan sifat mekanis bahan, tetapi terbatas sampai suatu titik dimana bila dilaumpai maka justru menjadi material yang getas (*brittle*). *Tensile* dan *yield* bahan akan berubah secara proporsional dengan penampang bahan. Suatu logam jika diberikan perlakuan panas mempunyai *tensile* dan *yield strength* 488-296 MPa, bahan yang sama namun diberikan perlakuan dingin akan mempunyai *tensile* dan *yield strength* yang berbeda yaitu 538-455 MPa (Alip, 1989: 96). Fenomena tersebut menunjukkan perlakuan panas dan pendinginan dapat merubah struktur mikro dari logam. Pada proses pengelasan, pendinginan terjadi pada saat pengendapan logam pengisi pada kampuh, hal ini juga menyebabkan perubahan struktur mikro pada logam.

Endapan lasan terjadi pada waktu mengalami penurunan suhu, dimana logam pengisi mulai menempel pada kampuh pengelasan. Pengendapan lasan dipengaruhi oleh jenis logam pengisi, arus dan kecepatan pengelasan saat proses pengelasan dilakukan. Proses pengendapan mempunyai kecepatan pengendapan masing-masing, namun pada umumnya pengelasan konvensional memiliki kecepatan pengendapan pengelasan yang relatif rendah sehingga ketika dilakukan penambahan kecepatan berakibat pada penetrasi yang kurang pada pengisian kampuh lasan, oleh karena itu perlu

adanya metode metode yang dilakukan untuk mengembangkan proses pengelasan (Xiao Pei Liu, 2008). Di latarbelakangi dari penelitian tersebut penulis mempunyai ide untuk melakukan penelitian dengan tujuan mengetahui mikrostruktur dan sifat mekanis dari pengelasan *bypass TIG–MIG* dengan judul penelitian “ Pengaruh pengelasan *bypass TIG–MIG* pada mikrostruktur dan sifat mekanis Al 6061”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi faktor–faktor yang mempengaruhi struktur mikro dan kekuatan tarik pada benda yang dilas yaitu :

1. Variasi arus las. Arus pengelasan sangat mempengaruhi hasil daripada proses pengelasan, karena arus merupakan hal paling vital pada proses pengelasan. Besar arus yang digunakan saat pengelasan akan mempengaruhi jumlah masukan panas, penetrasi las, maupun tegangan pada saat proses pengelasan. Ketidaksesuaian masukan panas yang diberikan saat mengelas akan menyebabkan cacat, dan juga mempengaruhi pada kecepatan pendinginan logam lasan, sehingga terbentuk struktur mikro yang kurang baik.

Pemilihan arus tergantung jenis bahan yang akan di las. Pada arus pengelasan yang tinggi membuat ujung dari elektroda akan berbentuk runcing, hal tersebut membuat butir-butir logam cair menjadi halus dan

pemindahannya berlangsung dengan cepat, seakan-akan logam cair disemburkan (Wira Arrahman, dkk).

2. Variasi logam pengisi (*filler*), yang dimaksudkan logam pengisi dalam hal ini yaitu logam pengisi pada kampuh sambungan yang nantinya mempengaruhi kekuatan dari sambungan las. Logam pengisi dalam proses pengelasan memiliki berbagai macam jenis yang nantinya pada saat proses pengelasan disesuaikan dengan logam induk yang akan dilas. Logam pengisi memiliki beragam jenis standarisasi dan beragam ukuran serta beragam bahan dari komposisinya. Logam pengisi yang tidak sesuai dengan logam induk berakibat pada lemahnya sambungan dari pengelasan tersebut.
3. Kecepatan pengelasan, proses pengelasan memiliki kecepatan beragam di sesuaikan dengan jenis logam yang dilas pula, hal ini dikarenakan setiap logam memiliki efisiensi panas masing-masing yang menyebabkan variasi kecepatan dapat berubah. Semakin rendah efisiensi panas logam maka diperlukan waktu lebih lama untuk mengelasnya, dengan kata lain kecepatan geser pengelasan lebih rendah. Rendahnya efisiensi ini disebabkan karena kepadatan energi panas yang dihasilkan sumber panas dan jenis benda kerja.
4. Posisi pengelasan, berbagai macam posisi pengelasan ada pada proses pengelasan. Posisi pengelasan tidak hanya sebatas posisi namun dapat menentukan penetrasi pada kampuh dan juga input panas pada logam las, hal ini disebabkan karena adanya gaya gravitasi.

5. Kombinasi proses pengelasan, kombinasi biasanya dilakukan terhadap logam dengan kemampuan las yang sulit, suatu logam dengan mampu las yang sulit di las akan mempunyai hasil lasan yang kurang baik. Hal ini akan mengurangi kualitas sambungan dari pengelasan, oleh karenanya penambahan input panas untuk mendapatkan penetraasi lebih perlu dilakukan salah satunya dengan melakukan kombinasi pengelasan.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, dari banyaknya permasalahan maka di berikan pembatasan terhadap banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi struktur mikro dan kekuatan tarik pada benda yang dilas, maka penelitian ini dibatasi yaitu pengaruh pengelasan kombinasi dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Variasi arus pengelasan yang digunakan 100A, 115A, 120A dengan gas pelindung Argon murni (99,99%)
2. Filler pada kedua las yang digunakan menggunakan ER 4043 dan Elektroda tungsten pada las *TIG* menggunakan *Zirconiated Tungsten*
3. Posisi pengelasan menggunakan posisi 1G (*down hand*) dengan Sambungan pengelasan kampuh V tunggal 70°
4. Kombinasi pengelasan yang digunakan yaitu *bypass TIG-MIG*
5. Bahan dari logam las menggunakan Alumunium 6061

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, dapat dijabarkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pengelasan *bypass TIG-MIG* terhadap struktur mikro pada hasil pengelasan?
2. Bagaimana pengaruh pengelasan *bypass TIG-MIG* sifat mekanis pada hasil pengelasan ?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dirumuskan di atas, tujuan penelitian yang hendak dicapai adalah :

1. Mengetahui bagaimana pengaruh pengelasan *Bypass TIG-MIG* terhadap struktur mikro pada hasil pengelasan.
2. Mengetahui bagaimana pengaruh pengelasan *Bypass TIG-MIG* terhadap kekuatan tarik pada hasil pengelasan.

F. Manfaat Penelitian

Hasil pelaksanaan penelitian ini akan memberikan manfaat. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Setelah mengetahui pengaruh dari pengelasan *bypass TIG-MIG* pada logam Al 6061 maka dapat dijadikan sebagai referensi untuk perkembangan dan penelitian selanjutnya mengenai proses pengelasan

serta secara khusus memberikan gambaran kepada mahasiswa variabel-variabel yang berpengaruh terhadap pengelasan.

2. Setelah mengetahui bagaimana pengaruh pengelasan terhadap mikro struktur dan kekuatan tarik pada hasil pengelasan maka dapat dijadikan dasar dalam meningkatkan kualitas sambungan dalam material aluminium sehingga menjadi lebih baik dilihat dari mikro struktur dan sifat mekanis.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pengelasan (*Welding*)

Mengingat dalam penelitian ini mengambil tema tentang pengelasan maka pada kajian teori ini peneliti akan sedikit memaparkan tentang teori dari pengelasan. Industri pada zaman yang modern ini semakin membuat pertumbuhannya semakin pesat, tidak seperti halnya ketika dahulu kala keberadaan industri masih sangat jarang. Terdapat berbagai macam industri di Indonesia dengan berbagai macam bidang yang di kerjakannya, salah satunya adalah industri dalam bidang teknik. Industri dalam bidang teknik mengerjakan berbagai macam hal salah satunya adalah hal pengelasan.

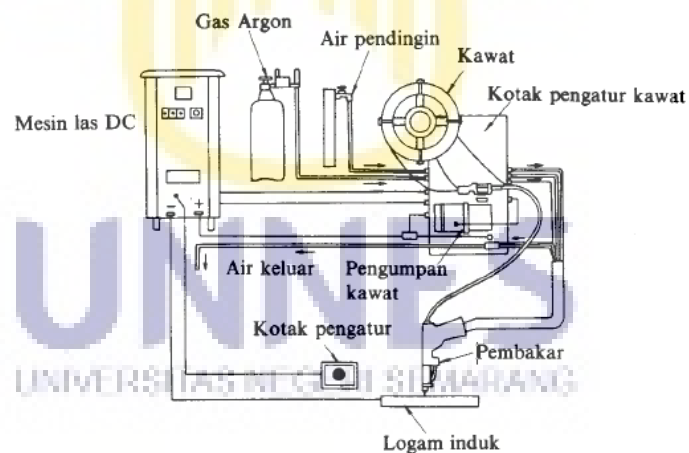
Pengelasan adalah hal umum yang di jumpai segala bidang teknik terutama teknik mesin. Definisi dari pengelasan sendiri adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Berdasarkan definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Wiryo Sumarto, dkk. 2000: 1).

Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus di atasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek. Secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa dalam perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang

cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang akan dipergunakan berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang (Wiryosumarto, dkk. 2000: 1).

2. GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)

Mengingat pengelasan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan las *GMAW*, maka sedikit di paparkan tentang pengelasan *GMAW*. Las *GMAW* adalah pengelasan yang menggunakan kawat pengisi sebagai penambal. Dalam las logam gas mulia, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Skema dari alat las ini ditunjukkan dalam Gambar. 2.1. Gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon, Helium atau campuran dari keduanya.

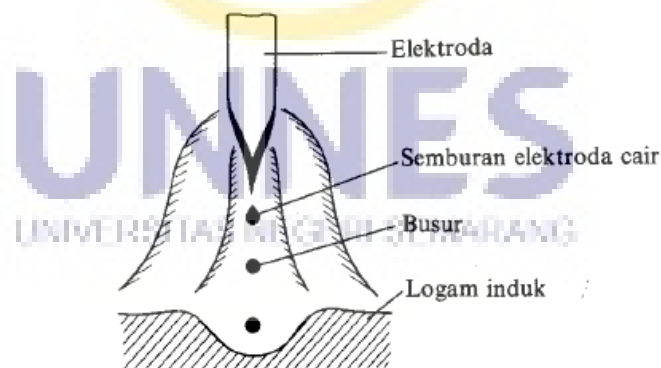


Gambar 2.1. Mesin Las MIG
(Sumber: Wiryosumarto, dkk. 2000: 22)

Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O_2 antara 2 sampai 5%, atau CO, antara 5 sampai 20%. Dalam banyak hal penggunaan las *MIG* sangat menguntungkan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifatnya yang baik, diantaranya: 1) Karena konsentrasi busur yang tinggi, maka busurnya

sangat mantap dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan, 2) Karena dapat menggunakan arus yang tinggi maka kecepatannya juga sangat tinggi, sehingga efisiensinya sangat baik, 3) Terak yang terbentuk cukup banyak, 4) Ketangguhan dan elastisitas, kedap udara, ketidak pekaan terhadap retak dan sifat-sifat lainnya lebih baik dari pada yang dihasilkan dengan cara pengelasan yang lain.

Hal-hal tersebut di atas, maka las *MIG* banyak sekali digunakan dalam praktek terutama untuk pengelasan baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja kuat dan logam-logam bukan baja yang tidak dapat dilas dengan cara yang lain. Sifat-sifat seperti diterangkan di atas sebagian besar disebabkan oleh sifat dari busur yang dihasilkan. Dalam Gambar 2.2 ditunjukkan keadaan busur dalam las *MIG* di mana terlihat ujung elektroda yang selalu runcing. Hal inilah yang menyebabkan butir-butir logam cair menjadi halus dan pemindahannya berlangsung dengan cepat seakan-akan seperti disemburkan (Wiryosumarto, dkk. 2000: 20).



Gambar 2.2. Pemindahan Sembur pada alas MIG
(Sumber: Wiryosumarto, dkk.2000: 20)

Pengelasan *MIG* biasanya dilaksanakan secara otomatis atau semi otomatis dengan arus searah polaritas balik dan menggunakan kawat elektroda berdiameter antara 1,2 sampai 2,4 mm. Akhir akhir ini telah banyak

digunakan las *MIG* dengan arus tinggi dan kawat elektroda dengan diameter antara 3,2 dan 6,4 mm untuk pelat pelat aluminium tebal seperti yang digunakan dalam tangki penyimpanan gas alam cair (Wiryosumarto, dkk. 2000: 120). Untuk menentukan arus yang digunakan dalam pengelasan harus di dasari pada diameter dari elektroda yang digunakan seperti terlihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan
(Sumber: Wiryosumarto, dkk. 2000: 120)

Diameter Elektroda (mm)	Arus Pengelasan (Ampere)	
	Wolfram Standar	Wolfram Thorium
1,0	1 - 60	15 - 80
1,6	40 - 110	60 - 150
2,4	80 - 160	140 - 250
3,2	140 - 210	225 - 235
4,0	170 - 275	300 - 425
5,0	250 - 350	400 - 500
6,4	300 - 450	-

Tabel di atas dijadikan dasar dalam penelitian ini menggunakan arus 100A, 115A, dan 130A karena dalam pengelasan pada penelitian menggunakan logam pengisi standar dengan diameter 2,4 mm.

3. *GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)*

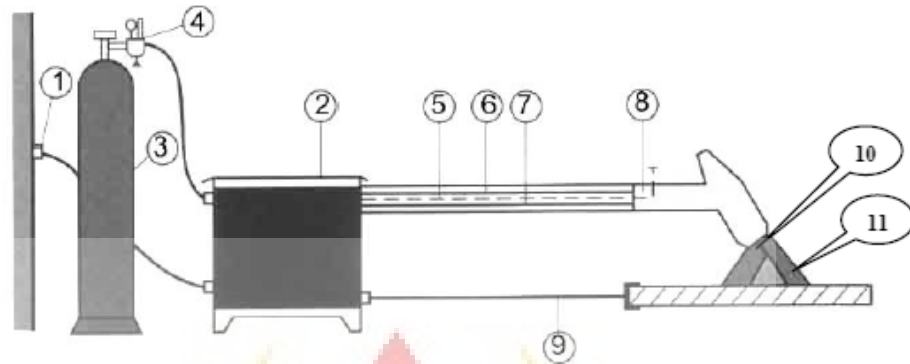
Mengingat pengelasan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan las *GTAW* atau *TIG*, maka sedikit di paparkan tentang pengelasan *GTAW* atau *TIG*. Las *TIG (Tungsten Inert Gas Welding)* adalah nama dalam bahasa Inggris untuk *Wolfram Inert Gas (WIG schweissen)* dalam bahasa Jerman atau kalau dalam bahasa Indonesia dapat kita sebut sebagai las busur gas elektroda tungsten. Jenis las ini adalah salah satu metode yang termasuk paling penting dalam pengerjaan baja paduan tinggi

(*high-alloy*) dan logam bukan besi (*non-ferrous*) seperti aluminium, tembaga, titanium, Molibdenum dan paduan dari padanya. Stabilitas busur yang tinggi menjadikan las *TIG* atau *GTAW* (*Gas Tungsten Arc Welding*) adalah yang terbaik dari proses las listrik modern, karena penyebaran panas yang berlebihan pada benda kerja dikurangi dengan adanya penambahan gas pelindung inert yang sekaligus sebagai gas pendingin.

Dalam pengelasan *TIG*, hampir tidak ada cacat las, dan beban kesehatan karena asap las relatif rendah. Sebuah keuntungan tertentu dari pengelasan *TIG* adalah bahwa juru las tidak bekerja dengan elektroda habis sekali pakai. Pengelasan dilakukan dengan penambahan logam pengisi. Juru las dapat menyesuaikan kekuatan las secara optimal untuk tugas pengelasan dan harus memahami hanya sebanyak pengisian yang diperlukan. Hal ini membuat metode ini sangat cocok untuk akar lasan (*root*) dan segala posisi pengelasan.

Sistem pengelasan *TIG* terdiri dari sumber daya yang dapat dihubungkan, dalam banyak kasus pada pengelasan arus searah atau bolak-balik, dan pembakar las yang terhubung ke sumber arus las melalui paket selang dan kabel. Paket selang dan kabel saat pengelasan mengalirkan pasokan gas pelindung, arus las, dan air pendingin (untuk sistem pendingin air). Gambaran tentang las busur gas adalah cara pengelasan dimana aliran gas pelindung menyelubungi daerah lasan dan melindunginya dari pengaruh buruk udara atmosfer, busur las menyala diantara elektroda wolfram (tidak mencair) dan benda kerja. Gas inert yang tidak menimbulkan reaksi kimia,

seperti Argon dan Helium atau campuran dari padanya menyelubungi sekaligus melindungi elektroda wolfram dan kawah las dari pengaruh udara.



Gambar.2.3 konstruksi perangkat las GTAW
(Sumber: Dadang, 2013: 6)

Dalam pengelasan *GTAW* output energi panas dikeluarkan melalui elektroda tungsten. Elektroda Tungsten merupakan elektroda pembangkit busur pada proses las *GTAW*. Elektroda ini memiliki berbagai macam jenis dan karakteristik yang berbeda. Tugas utama dari peralatan dalam perangkat las *GTAW* ini sangat vital sehingga perlu sekali dipelajari oleh peserta didik, agar dapat memahami jenis dan karakteristik macam-macam elektroda sehingga dapat memilih dan menggunakan peralatan tersebut dengan benar (Dadang, 2013: 4 - 6).

a. Jenis dan Karakteristik Elektroda Tungsten

Terdapat dua jenis elektroda tungsten yaitu murni dan paduan, setiap jenis memiliki kelebihan dan kekurangan, kelebihan dan kekurangan dari masing masing jenis yaitu untuk elektroda tungsten murni keuntungannya harga lebih murah, pada arus bolak-balik efek rectifier tidak ada dan busur las stabil. Kerugiannya daya nyala rendah, kurang awet, muatan arus rendah.

pada elektroda tungsten paduan keuntungannya lebih awet, muatan arus tinggi, daya nyala lebih baik Kerugiannya lebih mahal, dengan arus bolak-balik ada efek rectifier dan stabilitas busur rendah. jenis jenis dari elektroda tungsten sendiri terbagi menjadi empat di antaranya :

1) *Thoriated Tungsten Electrodes*

Thoriated Tungsten merupakan tungsten yang sangat umum digunakan di Amerika dan beberapa negara lain. Secara khusus, ia bekerja dengan baik ketika kelebihan beban/arus. Semenjak ia beresiko radioaktif tingkat rendah banyak pengguna beralih ke alternatif lainnya. Tungsten ini utamanya digunakan bagi pengelasan arus DC untuk baja karbon, stainless steels, paduan nickel dan titanium.

2) *Zirconiated Tungsten Electrodes*

Zirconiated Tungsten mempunyai unjuk kerja yang baik dalam pengelasan AC. Ia memiliki busur yang lebih stabil dibandingkan Pure tungsten. Terutama dengan kesempurnaan unjuk kerja pada beban arus AC yang tinggi. Ia juga tahan terhadap kontaminasi dalam pengelasan AC. *Zirconiated Tungsten* paling umum digunakan untuk pengelasan arus AC seperti Aluminium dan paduan magnesium.

3) *Lanthanated Tungsten Electrodes*

Lanthanated Tungsten merupakan bahan *non-radioactive* dengan unjuk kerja pengelasan yang baik. Konduktifitas listriknya hampir sama dengan 2% *thoriated tungsten*. *Welder* dapat dengan mudah mengganti *thoriated tungsten electrodes with lanthanated* tanpa mengubah program pengelasan. Di Eropa dan Jepang, *Lanthanated Tungsten* paling populer sebagai alternatif bagi 2%

Thoriated Tungsten. Tungsten ini utamanya digunakan untuk pengelasan DC tapi juga menunjukkan hasil bagus untuk pengelasan arus AC.

4) *Ceriated Tungsten Electrodes*

Ceriated Tungsten adalah bahan non-radioactive. Dikenal secara khusus untuk pengelasan arus DC dengan amper rendah karena sangat mudah dinyalakan dan biasanya membutuhkan arus 10% lebih kecil dari kebutuhan arus untuk operasional bahan thoriated. Sangat populer digunakan untuk pengelasan pipa, komponen sangat kecil serta siklus pengelasan yang pendek (Dadang, 2013: 44 – 47). Dari pemaparan karakteristik tungsten diatas *Zirconiated Tungsten* di pilih untuk digunakan dalam penelitian karena memiliki kestabilan yang baik khususnya dalam pengelasan logam alumunium. Tungsten selain memiliki karakteristik seperti di atas juga memiliki kode huruf dan kode warna sesuai dengan paduan yang dimiliki dari tungsten tersebut, kode-kode tersebut seperti terlihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Kode dan komposisi kimia elektroda tungsten
(Sumber: Dadang, 2013: 47)

Kode	Paduan Oksida dalam %	Kode Warna
W	Tanpa paduan	Hijau
WT 10	0,9 1,2 Thorium oksid	Kuning
WT 20	1,8 2,2 Thorium oksid	Merah
WT 30	2,8 3,2 Thorium oksid	Violet
WT 40	3,8 4,2 Thorium oksid	Orange
WZ 3	0,15 0,5 Zirkonium oksid	Cokelat
WZ 8	0,7 0,9 Zirkonium oksid	Putih
WL 10	0,9 1,2 Lanthanium oksid	Hitam
WL 20	1,8 2,2 Lanthanium oksid	Biru muda
WC 20	1,8 2,2 Cerium oksid	Abu – abu

b. Gas Pelindung

Diudara bebas terdapat gas Nitrogen dan Oksigen. Pada temperatur tinggi satu sama lain gas tersebut bereaksi dengan kebanyakan logam dan menimbulkan logam oksida dan gas-gas oksida yang membahayakan kesehatan. Disamping itu pengaruh terhadap hasil lasan sangat negatif. Terhadap pengaruh negatif tersebut maka dengan gas yang sesuai, udara harus dijauhkan dari kawah las dan elektroda Tungsten. Untuk itu diperlukan gas yang tidak menimbulkan reaksi kimia terhadap logam maupun pada temperatur tinggi. (Dadang, 2013: 58-59). Berikut di klasifikasi gas yang digunakan sebagai inert atau pelindung pada pengelasan, di antaranya adalah:

- 1) Argon, dengan tingkat kemurnian (99,996 %) diperoleh melalui distilasi fraksional udara cair dari atmosfer, di mana ada sekitar 1% (0,932%) dari volum. disediakan dengan tabung bercat biru yang mengandung 1,7, 2,0, 8,48 dan 9,66 m³ gas pada 175 atau 200 bar tekanan maksimum atau dari pasokan massal. Hal ini digunakan sebagai gas pelindung karena tidak membentuk senyawa. Argon adalah gas pelindung yang sangat cocok untuk logam *non ferrous* dan *alloy*.
- 2) Karbon dioksida, CO₂ diproduksi dari hasil proses industri seperti pembuatan amonia, dari pembakaran bahan bakar dengan oksigen atau dari proses fermentasi dalam produksi alkohol, dan tersedia dalam tabung bercat hitam mengandung kurang lebih 35 kg CO₂ cair. Karbon di oksida murni adalah gas pelindung termurah yang biasa digunakan dalam pengelasan baja karbon rendah.

- 3) Helium lebih ringan daripada argon, yang memiliki berat atom 40. Ditemui dengan jumlah yang sangat kecil di udara namun dapat ditemukan pada daerah gas alam di Texas, Oklahoma, Kansas, Alberta, dll yang merupakan sumber utama dalam menyediakan gas tersebut. Memerlukan laju aliran yang lebih besar dari gas argon dan memiliki panas yang dapat menyebabkan bahaya pada kesehatan. Biasanya di sediakan dalam tabung berwarna cokelat. Panas yang tinggi menyebabkan helium perlu dicampurkan dengan argon, oksigen atau karbon dioksida untuk dapat menstabilkan dr panasnya. Helium biasanya digunakan untuk pengelasan baja tahan karat, dan baja nikel (Davies, 2002: 110-111).

Tabel 2.3. Tipe logam dan gas pelindung yang digunakan
(Sumber: Davies, 2002: 115)

Tipe Logam	Gas Pelindung
Karbon dan baja paduan rendah	CO ₂
	Ar-15/20% CO ₂
	Ar-5% CO ₂
	Ar-5% O ₂
Baja tahan karat	Ar-5% CO ₂ -O ₂ 2%
	Ar-1/2% O ₂
	75 He 23.5% Ar 1.5% CO ₂
	He 75%-Ar 24%-O ₂ 1%
Alumunium paduan	Argon
	Helium
	He 75% Ar 25%

Pada hal ini gas pelindung yang digunakan dalam proses pengelasan yaitu gas argon (99,99%) dimana gas tersebut mempunyai karakteristik tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, mudah larut dalam air, dan bukan gas yang mudah terbakar. Tidak mudah terbakar sangat penting dalam hal ini dikarenakan dalam pengelasan logam dengan

kampuh 70° memerlukan pengelasan lebih dari satu lasan yang menyebabkan panas terlalu tinggi, adanya argon dapat mencegah pemanasan yang terlalu tinggi pada logam las.

c. Logam pengisi

Merupakan logam pengisi kampuh las (*filler metal*) pada proses las *GTAW/TIG*. Pemilihan bahan tambah *TIG* tergantung dari logam dasar (*base metal*) yang akan dilas. Biasanya *filler rod* dibuat dari logam yang komposisinya lebih unggul dibanding logam dasar. Mengingat dalam proses pengelasan ada beberapa unsur logam yang berkurang atau bertransformasi strukturnya sehingga berdampak pada pengurangan sifat-sifat mekanik logam. *Filler metal* harus dibuat komposisinya lebih unggul agar mampu mengatasi dampak-dampak tersebut diatas. Batang pengisi untuk las *TIG* diberi umpan secara manual oleh tangan yang kedua sedangkan yang pertama memegang pembakar las (*torch*). Batang ini biasanya panjangnya 1 meter dan dikemas dalam kotak atau tabung 5 Kg dan 10 Kg. Diameter *filler rod* untuk las *TIG* tersedia dalam ukuran standar yaitu: 1.0, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 3.2, 4.0 dan 5.0 mm. logam pengisi menurut AWS dibagi menjadi beberapa jenis diantaranya:

1) Untuk Mengelas Baja Karbon

Kode ER70S-2, ER70S-6 dan beberapa pilihan ER70S-seri lainnya dengan angka yang berbeda di akhir. Masing-masing mewakili resep aditif kimia dalam logam pengisi untuk mengatasi kondisi tertentu dari logam (misalnya kotor atau bersih) atau jenis sendi yang dilas. Klasifikasi *filler rod* diatas digunakan untuk

mengelas pipa berdiameter kecil dan pelat baja, maupun lajur akar (root pass) pada pengelasan pipa.

2) Untuk Mengelas Logam Stainless Steel

Filler rod dengan kode ER308 dan ER308L merupakan *filler rod* yang paling umum digunakan untuk mengelas stainless steel tipe 304 maupun tipe seri 300 lainnya, yang secara luas digunakan di bidang manufaktur. ER309 dan ER309L digunakan untuk pengelasan logam induk yang berbeda (*dissimilar*). Dapat menangani panas tinggi serta memiliki ketahanan korosi yang baik. ER316 dan ER316L umumnya digunakan untuk bejana tekan, katup, peralatan kimia dan aplikasi dilaut. Huruf " L " mengacu pada ekstra karbon rendah dalam batang (kurang dari 0,8%), yang membantu bahkan lebih dalam mencegah korosi.

3) Untuk Mengelas Logam Aluminium

Filler rod dengan kode ER4043 digunakan untuk mengelas paduan aluminium seri 6000, bersama dengan sebagian besar paduan cor lainnya. Cocok digunakan untuk mengelas komponen otomotif seperti rangka, poros penggerak, dan rangka sepeda. ER5356 merupakan *filler rod* paduan Aluminium magnesium yang baik digunakan untuk mengelas paduan Aluminium cor dan tempa. Umumnya direkomendasikan untuk pengelasan paduan Aluminium seri 5000 atau 6000 (Dadang, 2013: 64-67). Mengingat dalam penelitian ini menggunakan logam aluminium maka filler yang digunakan dari pemaparan klasifikasi di atas adalah *filler* ER4043.

4. Alumunium

Mengingat dalam penelitian ini logam yang digunakan dalam pengelasan adalah logam Alumunium, maka sedikit dipaparkan mengenai Alumunium. Alumunium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat mengikat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya secara satu persatu atau bersamaan memberikan juga sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan sebagainya. (Tata Surdia dan Shinroku saito, 1999: 129). Alumunium terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan paduan dan sifatnya, jenis alumunium tersebut diantaranya

a. Jenis Al Murni teknik (Seri 1000)

Jenis ini adalah amumunium dengan kemurnian antara 99,0 % dan 99,99 %. Alumunium dalam seri ini disamping sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang memuaskan dalam mampu las dan mampu potong. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya yang rendah.

b. Jenis paduan Al-Cu (Seri 2000)

Jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Dengan melalui pengerasan endap atau penyepuhan sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila

disbanding dengan jenis paduan yang lainnya. Sifat mampu lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keliling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin (2017) dan super duralumin (2024).

c. Jenis Paduan Al-Mn (seri 3000)

Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan sehingga kenaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Bila dibandingkan dengan jenis Al-murni paduan ini mempunyai sifat yang sama dalam hal daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya. Dalam hal kekuatan jenis paduan ini lebih unggul dari pada jenis Al-murni.

d. Paduan jenis Al-Si (seri 4000)

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlaku panaskan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hamper tidak terjadi retak. Karena sifat-sifatnya, maka jenis Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

e. Paduan jenis Al-Mg (seri 5000)

Jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diperlaku panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan Al-Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

f. Paduan jenis Al-Mg-Si (seri 6000)

Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlakukan panaskan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.

g. Paduan jenis Al-Zn (seri 7000)

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlakukan panaskan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 50 Kg/mm², sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin. Berlawanan dengan kekuatan tariknya, sifat mampu las dan daya tahan korosinya kurang menguntungkan. Dalam waktu akhir-akhir ini paduan Al-Zn-Mg mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan daya tahan korosi yang lebih baik dari pada paduan dasar Al-Zn. Disamping itu juga pelunakan pada daerah las dapat mengeras kembali karena pengelasan alami (Wirjosumarto, dkk. 2000: 115-116).

Beberapa jenis dari aluminium di atas telah di paparkan kelebihan dan kelemahan dari setiap jenis aluminium berdasarkan pengaplikasiannya. Dalam hal mampu las aluminium mempunyai sifat umum saat diperlakukan proses pengelasan. Sifat mampu las pada aluminium di antaranya : 1) Sukar sekali untuk memanaskan dan mencairkan sebagian kecil saja karena panas jenis dan daya hantar panasnya tinggi, 2) paduan Aluminium mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al₂O₃ yang mempunyai titik cair yang tinggi. Sifat ini menyebabkan peleburan antara logam dasar dan

logam las menjadi terhalang, 3) karena mempunyai koefisien muai besar, maka mudah sekali terjadi deformasi sehingga paduan paduan yang mempunyai sifat getas panas akan cenderung membentuk retak panas, 4) karena perbedaan yang tinggi antara kelarutan hidrogen dalam logam cair dan logam padat, maka dalam proses pembekuan yang terlalu cepat akan terbentuk rongga halus bekas kantong-kantong hidrogen, 5) paduan alumunium mempunyai berat jenis rendah, karena itu banyak zat-zat lain yang terbentuk selama pengelasan akan tenggelam, 6) karena titik cair dan viskositasnya rendah, maka daerah yang kena pemanasan mudah mencair dan jatuh menetes (Wiryosumarto, dkk. 2000: 116).

5. Alumunium 6061

Alumunium 6061 merupakan Alumunium paduan yang termasuk pada seri 6000 dengan komposisi paduan Al, Mg, Si. Paduan ini adalah salah satu paduan yang paling banyak digunakan dalam seri 6000, salah satu yang paling serbaguna dari paduan mampu panas (*heat-treatable*). Penggunaan paduan umumnya digunakan untuk komponen transportasi seperti bodi kapal laut, perahu motor, jembatan dan sebagainya. Paduan 6061 memiliki ketahanan korosi yang sangat baik terhadap udara bebas dan ketahanan korosi yang baik terhadap air laut.

Paduan 6061 memiliki sifat diantaranya memiliki sifat mampu las yang baik di berbagai jenis metode pengelasan, mampu di kerjakan mesin dengan mudah, memiliki kekuatan tarik 260 MPa dan memiliki tingkat kekerasan 95 HB. Komposisi dari Al 6061 umumnya adalah seperti pada Tabel berikut :

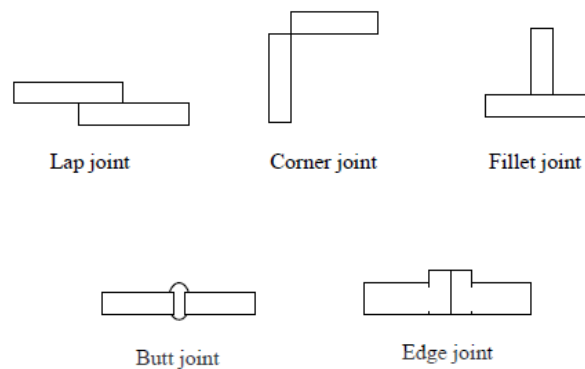
Tabel 2.4 Komposisi Alumunium 6061

(Sumber: Aalco Metals Ltd: 2016)

Elemen	Prosentase %
Magnesium (Mg)	0.80 – 1.20
Silicon (Si)	0.40 – 0.80
Iron (Fe)	0.0 – 0.70
Copper (Cu)	0.15 – 0.40
Chromium (Cr)	0.04 – 0.35
Zinc (Zn)	0.0 – 0.25
Titanium (Ti)	0.0 – 0.15
Mangan (Mn)	0.0 - 0.15
Lainnya (Keseluruhan)	0.0 – 0.15
Lainnya (per unsur)	0.0 – 0.15
Alumunium (Al)	Seimbang

6. Pengerjaan Pengelasan

Ada beberapa bentuk dasar sambungan las yang biasa dilakukan dalam penyambungan logam, bentuk tersebut adalah *butt joint*, *fillet joint*, *lap joint*, *edge joint*, dan *out-side corner joint*. Berbagai bentuk dasar sambungan ini dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Jenis sambungan Las
(Sumber: Djamiko, 2008:14)

Beberapa bentuk sambungan di atas yang digunakan dalam penelitian adalah butt joint, dengan bentuk butt kampuh V. Besarnya sudut kampuh sangat mempengaruhi tingkat kekuatan tarik pada hasil lasan, dalam jurnal saintek (Aljufri, dkk: 2007) di berikan kesimpulan mengenai sudut kampuh dimana semakin besar sudut kampuh semakin baik kekuatan tarik dikarenakan penetrasi yang baik, namun sangat berbeda jika arus yang digunakan tinggi semakin tinggi arus perubahan pada daerah *HAZ* semakin banyak maka kekuatan tarik menurun.

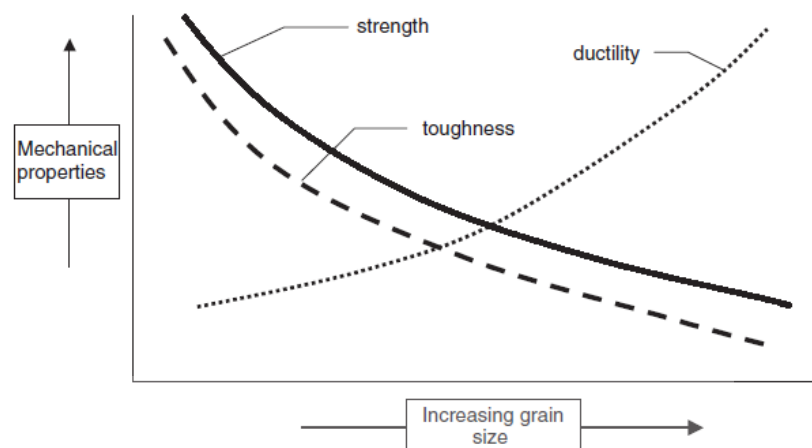
Pengerjaan pengelasan selain bentuk sambungan dilakukan juga dengan berbagai posisi, berdasarkan kode yang ditetapkan oleh AWS, posisi las dikaitkan pada jenis teknik sambungan las, jika sambungan berkampuh (*groove*) maka kode posisinya dengan huruf G, untuk posisi *down-hand* 1G, horisontal 2G, vertikal 3G, *over-head* 4G, pipa dengan sumbu horisontal 5G, dan pipa miring 45° 6G. Jika sambungan las tidak berkampuh/tumpul (*fillet*) maka kodenya adalah F, untuk posisi *down-hand* 1F, horisontal 2F, vertikal 3F, dan *over-head* 4F. Dalam hal ini penelitian dilakukan dengan posisi 1G (*down-hand*) (Djamiko, 2008:12).

7. Struktur Mikro

Mengingat pada penelitian ini di lakukan pengujian mikro struktur maka sedikit di paparkan tentang mikro struktur. Logam umumnya dibangun dari sejumlah besar kristal (butir disebut seperti biji-bijian pasir di pantai) yang terdiri dari satu atau lebih fase. Umumnya berukuran kecil, berkisar mulai dari 10 untuk μm , namun ada juga dengan ukuran berkisar dari nm ke cm, susunan logam berukuran mikroskopis inilah yang di sebut mikro struktur dan hanya dapat diamati menggunakan mikroskop. Struktur mikro dari ukuran butir ini mempengaruhi tingkat kekuatan material berdasarkan ukuran butirnya. Ukuran butir tidak dapat digunakan untuk mengontrol kekuatan pada aluminium atau paduannya namun hal ini digunakan untuk mengurangi resiko terjadinya retak panas. Umumnya, penambahan besar ukuran butir akan menurunkan tingkat kekuatan luluh (*yield strength*) dan kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*), fenomena ini lebih dikenal dengan persamaan *hail and fatch* (Mathers, 2002: 12). Bentuk butiran aluminium dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Jenis butir (*Metals Handbook 9th Edition Vol.9 of Metallgraphy and Microstructure*)



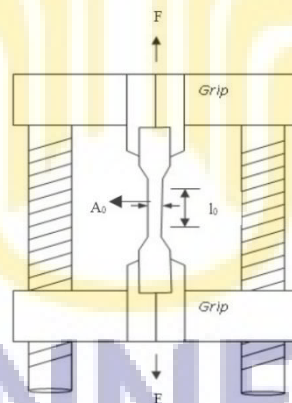
Gambar 2.6 Hubungan Ukuran butir dan *Mechanical Properties* (Mathers, 2002: 13)

Pengamatan lebih jauh pada struktur mikro dapat menggunakan elektron sebagai probe untuk menscan permukaan material yang biasa disebut *scanning electron mikroskop (SEM)*, cara lain dapat dilakukan dengan membuat foil yang sangat tipis tebal berukuran sekitar 100 nm, dan mengamati materi menggunakan *mikroskop elektron transmisi (TEM)*. Kedua mikroskop optik tersebut dapat digunakan dengan mempersiapkan logam yang dihaluskan permukaannya sampai nampak seperti cermin, dan kemudian dapat terlihat butir-butir kristal dari struktur mikro pada logam (David dye, 2012: 11-12).

8. Kekuatan Tarik

Mengingat dalam penelitian ini dilakukan pengujian tarik, maka sedikit diaparkan tentang kekuatan tarik logam. Deformasi bahan yang disebabkan oleh beban tarik statis adalah dasar dari pengujian-pengujian dan studi mengenai kekuatan tarik bahan, hal ini disebabkan beberapa alasan yaitu mudah dilakukan, menghasilkan tegangan *uniform* pada penampang, dan

kebanyakan bahan mempunyai kelemahan untuk menerima beban tegangan tarik pada penampang. Maka dalam pengujian bahan industri terhadap bahan – bahan, kekuatan ditentukan dengan menggunakan penarikan statik (Surdia dan Saito, 1999: 7). Pengujian tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah dalam satu garis lurus. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya. Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standar baku pengujian.



Gambar 2.7. Pengujian Tarik

Menurut Wiryosumarto dan Okumura (2000: 181), sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Tegangan} : \sigma = \frac{F}{A_0} \left(\frac{kg}{mm^2} \right)$$

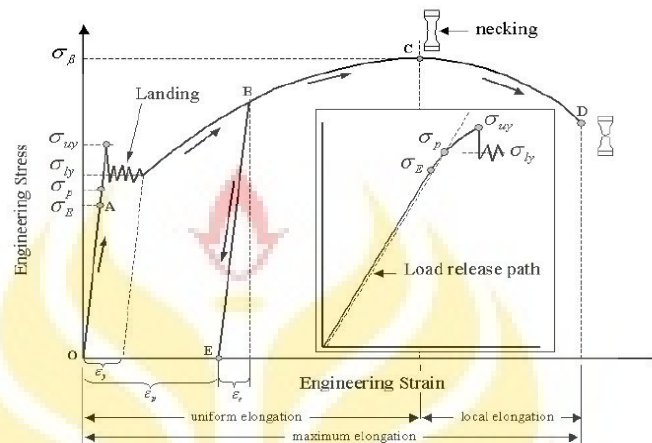
Dimana :F = beban (Kg), A_o = luas mula dari penampang batang uji (mm²)

$$\text{Regangan} : \varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana : L_o = panjang mula dari batang uji

L = panjang batang uji yang dibebani

Selain *Engineering Stress* dan *Engineering Strain* dalam pengujian tarik dapat memperoleh data yang ditunjukkan dalam grafik berikut :



Gambar 2.8. Profil Data Pengujian Tarik
(Sastranegara, 2006:3)

Dari gambar di atas dapat diuraikan dengan pengertian berikut ini :

- Batas elastis σ_E (*elastic limit*) yaitu dinyatakan pada titik A dimana bila bahan diberi beban sampai di titik A kemudian bebannya dihilangkan bahan tersebut kembali ke kondisi semula pada titik O dan bila bahan diberi beban melebihi titik A bahan akan mengalami perubahan permanen atau hukum Hooke tidak lagi berlaku.
- Batas proporsional σ_P (*proportional limit*) yaitu batas di mana penerapan hukum Hooke masih bisa di tolelir.
- Deformasi plastis (*plastic deformation*) yaitu batas dimana bahan mengalami perubahan bentuk dan tidak dapat kembali ke bentuk semula.

- d. Tegangan luluh atas σ_{uy} (*upper yield stress*) yaitu peralihan deformasi elastis ke plastis atau tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah *landing*.
- e. Tegangan luluh bawah σ_{ly} (*lower yield stress*) yaitu tegangan rata-rata daerah *landing* sebelum memasuki fase deformasi plastis.
- f. Regangan luluh ε_y (*yield strain*) yaitu regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.
- g. Regangan elastis ε_e (*elastic strain*) yaitu regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan (pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula).
- h. Regangan plastis ε_p (*plastic strain*) yaitu regangan yang diakibatkan perubahan plastis bahan (pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan).
- i. Tegangan tarik maksimum TTM σ_B (*UTS, ultimate tensile strength*) yaitu besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.
- j. Kekuatan patah (*breaking strength*) yaitu besar tegangan di mana bahan yang di uji patah.
- k. Kelenturan (*ductility*) yaitu sifat mekanik bahan yang menunjukkan derajat deformasi plastis yang terjadi sebelum bahan putus atau gagal pada uji tarik.
- l. Derajat kelentingan (*resilience*) yaitu kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase perubahan elastis.

- m. Derajat ketangguhan (*toughness*) yaitu kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase plastis sampai bahan tersebut putus (Sastranegara, 2006:4-5).
- n. Modulus elastisitas (E) yaitu nilai yang menunjukkan tingkat kekakuan bahan material (mudah atau tidak bahan mengalami deformasi plastis).

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian dalam upaya mengetahui kekuatan sambungan berdasarkan penetrasi dilakukan dengan berbagai model pengelasan, diantaranya di lakukan oleh Y.M. Zhang dan S.B. Zhang (1996) dimana dalam penelitiannya dilakukan pengelasan pada pelat Al 5052 dengan ketebalan 6.5 mm dengan model pengelasan dua sisi secara bersamaan (*Double Side Arc Welding*) dengan tujuan untuk memberikan penetrasi lebih baik. Dari penelitian diperoleh hasil bahwa dengan model dua sisi menunjukkan peningkatan rasio penetrasi pada kampuh selain itu hasil menunjukkan pengurangan distorsi termal.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh H.J. Zhang et al (2011), dalam penelitiannya dilakukan kembali pengelasan dua sisi (*Double Side Arc Welding*) secara bersamaan menggunakan kampuh x pada pelat 50 mm. dari penelitiannya diperoleh hasil pengaruh dari perlakuan panas dari pengelasan dua sisi bersamaan memberikan masukan panas dapat menurunkan tegangan pengelasan.

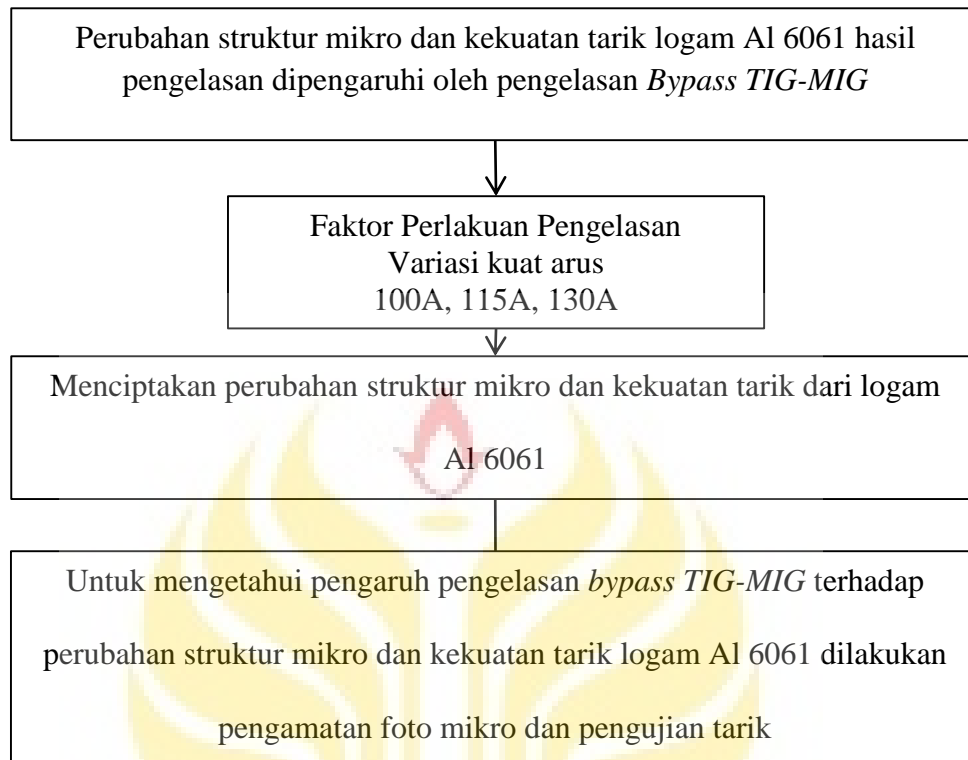
Penelitian lain dilakukan oleh Yugang Miao et al (2014), penelitian dilakukan untuk mengetahui stabilitas dari kolam pengelasan selama proses dengan model pengelasan dua busur las pada satu sisi (*Bypass*

current TIG-MIG) menggunakan pelat *stainless steel* 304. Hasil dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa pengelasan dengan satu sisi dua busur didistribusikan lebih merata dengan gradient yang lebih kecil sepanjang arah pengelasan, selain itu diperoleh bahwa pengelasan pada satu sisi dengan dua busur memberikan perubahan pada geometri dan kolam lasan.

Penelitian kembali dilakukan oleh Yugang Miao et al (2015), penelitian dilakukan untuk mengetahui sifat *metal-transfer* selama pengelasan *bypass TIG-MIG*. Menggunakan bahan yang sama yaitu pelat *stainless steel* 304 penelitian dilakukan dengan mendokumentasi setiap pengelasan untuk mengetahui sifat *transfer metal* pada pengelasan. Hasil yang diperoleh dari penelitian adanya pengurangan fusi di daerah *HAZ*, pencairan filler meningkat setelah diterapkannya *bypass TIG-MIG*. Selain itu diperoleh hasil dengan menggunakan *bypass TIG-MIG* frekuensi *metal transfer* meningkat 50% yang meningkatkan efisiensi pengelasan.

Penelitian–penelitian di atas menunjukkan metode pengelasan *bypass TIG-MIG* dengan berbagai hasil penelitian, namun dari penelitian di atas belum adanya pengamatan terhadap mikro struktur dan kekuatan tarik pada hasil pengelasan, oleh karena itu peneliti mengambil metode yang sama namun pengamatan yang dilakukan pada mikro struktur dan kekuatan tarik logam hasil lasan.

C. Kerangka Berfikir



Gambar 2.9 Kerangka Berfikir

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil simpulan sebagai berikut:

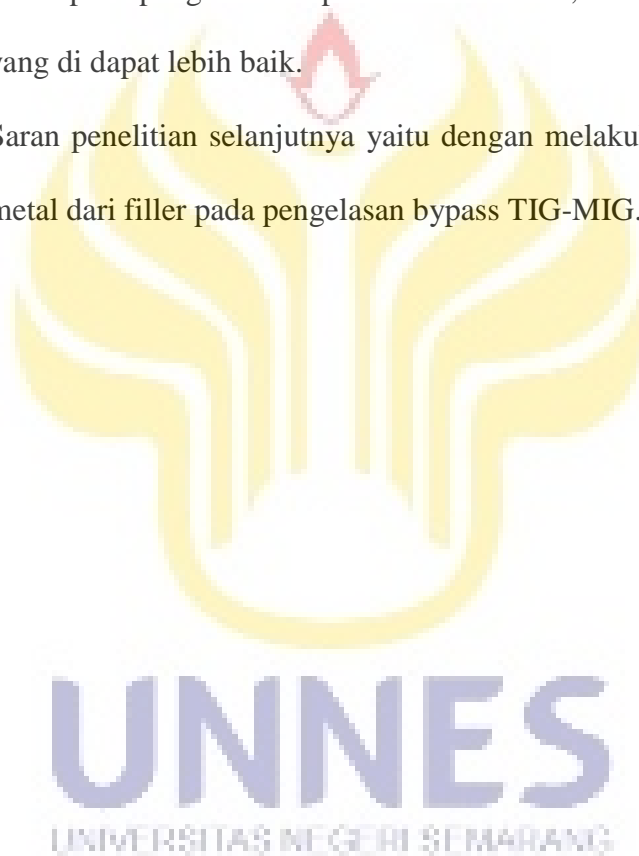
1. Berdasarkan hasil penelitian ini terlihat bahwa pengelasan *bypass TIG-MIG* dengan variasi kuat arus berpengaruh pada struktur mikro pengelasan Al 6061. Perubahan struktur mikro sangat terlihat pada daerah *HAZ* dan logam lasan, semakin besar input panas yang terjadi semakin membuat butir dari Mg_2Si menjadi semakin menyebar. Berbeda dengan logam induk yang sama sekali tidak terjadi perubahan struktur bahkan terlihat sama dengan *raw material*.
2. Berdasarkan hasil penelitian ini terlihat bahwa pengelasan *bypass TIG-MIG* dengan variasi arus menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro yang mempengaruhi kekuatan tarik dari logam Al 6061. Kekuatan tarik dari setiap spesimen berbeda sesuai dengan variasi arus yang dilakukan, kekuatan tarik Al 6061 hasil pengelasan dengan arus 100A sebesar 80,9 MPa, kekuatan tarik dengan variasi arus 115A sebesar 84,9 MPa dan kekuatan tarik dengan variasi arus 130A sebesar 86,7 MPa.

B. Saran

1. Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini sehubungan dengan struktur mikro hasil sambungan pengelasan *bypass TIG-MIG* Al6061 atas simpulan di atas yaitu dengan penggunaan arus pengelasan dan ketebalan plat yang disesuaikan dengan gas pelindung

sehingga input panas yang masuk mengakibatkan struktur yang lebih halus untuk kekuatan tarik yang lebih tinggi.

2. Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini sehubungan dengan pengelasan *bypass TIG-MIG* Al 6061 atas simpulan di atas yaitu diharapkan dalam pengelasan *bypass TIG-MIG* menggunakan *autowelding* untuk *travel speed* yang lebih konstan sehingga masukan panas pada pengelasan dapat lebih terkontrol, sehingga kekuatan tarik yang di dapat lebih baik.
3. Saran penelitian selanjutnya yaitu dengan melakukan analisa transfer metal dari filler pada pengelasan *bypass TIG-MIG*.



DAFTAR PUSTAKA

- Aalco Metals Ltd. 2016. *Aluminium Alloy 6061-T6 Extruction*. www.Aalcp.uk
- Alip, Muhammad. 1989. *Teori dan praktek las* : Jakarta: Pradina Pramita
- Abdillah Sofyan, Gunawan Dwi Hariyadi, AP. Bayuseno dan Seon Jim Kim. 2013. Pengaruh Post Weld Heat Treatment dan Arah Pengelasan TIG (Tungsen Inert Gas) Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Pada Penyambungan Aluminium Paduan 6061 Prosiding SNS ke-4 hlm 77-82
- Aljufri, Armansyah Ginting, Alfian Hamsyi dan Humisar Sibarani. 2007. Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Aluminium Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG. *Jurnal Saintek*.
- Aria Wira Arrahman, Pratikto dan Suharto. 2006. Pengaruh Arus Pengelasan Gmaw Terhadap Tegangan *Bending* Dan Perubahan Struktur Mikro Pada Baja St 45
- ASM Handbook. 1998. *Metallography and Microstructure Vol 9*.
- Dadang. 2013. *Teknik Las GTAW*: Jakarta: Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan
- Davies. A. C. 2002. *The science and practice of welding*: Cambridge University Press
- Djamiko, Dwi Riswan. 2008. *Teori Pengelasan Logam*: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
- Dr. Dye David. 2012. *Microstructure and Properties of Materials*: (online) (www.learn.imperial.ac.uk) diakses tanggal 20 Januari 2016
- L. Singer Ferdinand. 1995. *Ilmu Kekuatan Bahan*: Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama
- Mathers, Gene. 2002. *The Welding of Aluminium and its alloys: England: T.J. International, padstow, cornwal, england*
- Miao Yugang, Xiangfang Xu, Bintao Wu, Xiaoxi Li dan Duanfeng Han. 2014 Effects of bypass current on the stability of weld pool during double side arc welding. *Journal of Material Processing Technology*.
- Miao Yugang, Xiangfang Xu, Bintao Wu, Duanfeng Han, Yang Zeng dan Teng Wang. 2014. Effect of bypass current on arc characteristics and metal

transfer behavior during MIG – TIG double side arc welding. *Journal of Material Processing Technology*.

- Riyadi, Triwidodo Besar dan Lastono Aji. 2015. Pengaruh variasi arus terhadap struktur mikro, Kekerasan dan kekuatan sambungan pada proses Pengelasan aluminium dengan metode mig. *Jurnal Teknik Mesin*
- Salam, Syahrul. 2007. *Studi Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Matriks Resin Epoxy yang Diperkuat dengan Serbuk Titania (TiO₂)*. Skripsi: Universitas Negeri Semarang
- Sastranegara, A. 2006. Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam: 1-6.
- Setiawan, Anang dan Yusa Asra Yuli Wardana. 2006. Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding pada Baja SM 490. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Sonawan, H., suratman, R. 2004. *Pengantar untuk memahami pengelasan logam*: Bandung: Alfa Beta
- Surdia, Tata., Saito, S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*: Jakarta: PT Pradnya Paramita
- Sri Widharto. 2013. *Menuju Las Dunia*: Jakarta: Alfa Beta
- Wirjosumarto, Harsono dan Toshie Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*: Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Xiaopei Liu. 2008. *Dual Bypass Gas Metal Arc Welding Process and Control*. University of Kentucky *Doctoral Dissertation*.
- Yoedhawan, Ahmad Jukliv Pandhu dan Sumarji. 2014. Analisis kekerasan, cacat las, dan struktur mikro pada Sambungan T paduan aluminium 6061 t-6511 hasil gas metal arc Welding (gmaw) dengan variasi kuat arus. A. J. P., *Jurnal ROTOR*
- Zhang. Y. M and S. B. Zhang. 2013. Double Side Arc Welding Increase Weld Joint Penetration. *Jurnal Welding research and Development Laboratory*.
- Zhang. H. J, C.B. Cai, Z.S. Yu dan S.B. Chen. 2013. Control of Root Pass Stress By Two Sided Arc Welding for Thick Plate of High Strengt Steel. *Jurnal Harbin University of science and technology university*.